

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 38 26 520 A 1

⑤ Int. Cl. 5:
C02F 11/10

⑳ Aktenzeichen: P 38 26 520.6
㉑ Anmeldetag: 4. 8. 88
㉒ Offenlegungstag: 8. 2. 90

Behördenstempel

DE 38 26 520 A 1

㉑ Anmelder:

Energas GmbH, 1000 Berlin, DE

㉒ Erfinder:

Hölter, Heinz, Dipl.-Ing., 4390 Gladbeck, DE;
Hinrichs, Hans-Friedrich, Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing., 1000 Berlin, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 31 23 767 C2
DE 35 13 541 A1
US 47 05 603
EP 1 40 811 A2
EP 1 11 081 A1

DE-Z: wlb-wasser, luft und betrieb 3-83, S.40-43;
DE-Z: Bild der Wissenschaft, 1981, S. 68-77;

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Pyrolyse von Klärschlamm

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Pyrolyse von Klärschlamm in einem außenbeheizten, feststehenden Reaktor, der mit einer innen gelagerten Transporteinrichtung versehen ist, wobei die Pyrolyse als steuerbarer, räumlich und zeitlich getrennter Prozeß in mehreren Stufen der Trocknung, Aufheizung auf Zersetzungstemperatur, Pyrolyse in mehreren Temperaturbereichen und Verwertung des Pyrolyserückstandes als Brennstoff durchgeführt wird.

Kennzeichnend ist, daß jede Stufe für sich steuerbar ist, indem sie über Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Temperatur und der Feuchte des festen Produktes und der Temperatur der Feuchte des CO₂- und CO- und C-gesamt-Gehaltes verfügt. Jede Behandlungsstufe ist mit einer eigenen Heizkammer versehen.

Der anfallende Rückstand kann salz- und schwermettallfrei gewaschen werden und wird dann als Brennstoff eingesetzt. Der Pyrolyseaktor besteht aus einem feststehenden Rohr und voneinander getrennten Heizkammern, die den Behandlungsstufen Trocknung, Aufheizung und Pyrolyse zugeordnet sind. Sie sind durch Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Temperatur für sich steuerbar. Auf der feststehenden Welle sitzen Mischwerkzeuge, die mit entsprechenden Einbauten im Reaktor nicht nur dem Transport sondern auch der Zerkleinerung von Agglomerationen dienen.

DE 38 26 520 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Pyrolyse von Klärschlamm in einem außenbeheizten, feststehenden Reaktor, der mit einer innengelagerten Transporteinrichtung versehen ist. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Pyrolysereaktor zur Umsetzung von Klärschlamm, der im wesentlichen aus einem von außen beheizten Rohr besteht, dem an einem Ende eine Abfallzugabevorrichtung und am anderen Ende eine Austragsvorrichtung zugeordnet ist, wobei das Rohr eine rotierende Einrichtung zum Transport von Klärschlamm und seinen festen Reaktionsprodukten aufweist.

Die Pyrolyse von Klärschlamm wird u.a. auch in außenbeheizten Drehrohren durchgeführt.

Zum Beispiel ist in der DE-PS 26 60 429 ein Verfahren zur Umsetzung von Müll durch Pyrolyse unter Bildung von brennbaren Gasen, dampfförmigen organischen Flüssigkeiten und verkohlten Produkten beschrieben.

Im Grunde entsprechen fast alle Pyrolyseverfahren diesem Prinzip.

Im Falle von Klärschlamm treten, bedingt durch die Feuchtigkeit und Feinheit des Materials und das Prinzip der Mischung durch Schwerkraft, Probleme durch Agglomeration des Materials zu Klumpen auf. Diese Klumpen und Verkrustungen verursachen eine ungenügende Entgasung. Das nicht vollständig entgaste Material entwickelt auf der Deponie unangenehmen Geruch und belastet das Sickerwasser mit organischen Stoffen.

Ein Nachteil der Pyrolyse von Abfallstoffen in außenbeheizten Drehrohren ist weiterhin, daß über die gesamte Länge des Rohres keine Verfahrenskontrolle durchgeführt werden kann.

Die dadurch bedingte Fahrweise auf "Verdacht" oder nach Erfahrung bedingt einen erhöhten Energiebedarf, einen überdimensionierten Reaktor und Unsicherheiten bei der Produktqualität, insbesondere des Rückstandes, was wiederum zu unerwünschten Umweltbelastungen auf der Deponie führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist nun eine sichere und kontrollierte Pyrolyse von Klärschlamm. Weiterhin soll die Umweltbelastung möglichst gering gehalten werden, insbesondere die Emissionen in die Luft, in das Wasser und in den Boden. Außerdem soll die Pyrolyse mit geringst möglichem Energieumsatz betrieben werden.

Weiterhin wird ein Verfahren angestrebt, das hinsichtlich seiner Reaktionen kontrolliert und gesteuert werden kann.

Außerdem ist es erforderlich, Einsatzmaterial wechselnder Zusammensetzung sicher und vollständig zu entsorgen.

Weiterhin wird eine Verwertung des Pyrolyserückstandes und eine sichere Deponierung des nicht verwertbaren Rückstandes angestrebt.

Dies kann durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Pyrolyse von Klärschlamm in einem außenbeheizten, feststehenden Reaktor, der mit einer innengelagerten Transporteinrichtung versehen ist, dadurch gelöst werden, daß die Pyrolyse als steuerbarer, räumlich und zeitlich getrennter Prozeß in mehreren Stufen der Trocknung, Aufheizung auf Zersetzungstemperatur, Pyrolyse in mehreren Temperaturbereichen und Verwertung des Pyrolyserückstandes als Brennstoff durchgeführt wird.

Im einzelnen wird das erfindungsgemäße Verfahren so durchgeführt, daß die Pyrolyse als steuerbarer, räumlich und zeitlich getrennter, mehrstufiger Prozeß durch-

— ersten Stufe die Entwässerung des Klärschlammes und der Abzug der Wasserdämpfe mit nachfolgender Kondensation erfolgt, agglomerierte Teile durch Zerkleinerungsvorrichtungen zerkleinert werden und der Trocknungsprozeß anhand der Temperatur und des Wassergehalts des Klärschlammes, des Wassergehaltes und des Gehaltes des Abgases an organischen Stoffen (C-gesamt) und Feuchte kontrolliert und gesteuert wird,

— in der zweiten Stufe, die Aufheizung des getrockneten Klärschlammes auf 200–250 Grad C erfolgt und der Abzug der entstehenden Gase mit nachfolgender Kondensation durchgeführt wird, wobei der Aufheizprozeß mittels Temperaturverlauf im Material und den Gaskennzeichen CO, CO₂-C-gesamt-Gehalt und/oder Feuchte kontrolliert wird, in der

— dritten Stufe, die thermische Zersetzung des Klärschlammes mit Bildung von Pyrolysegasen von niederem Feuchtegehalt und einem kohlenstoffhaltigen Rückstand im Temperaturbereich von 25–700 Grad C, vorzugsweise 300–500 Grad C erfolgt, wobei der Zersetzungsprozeß anhand der Temperatur des Feststoffes und der Zusammensetzung des Pyrolysegases, insbesondere anhand des Gehaltes an C-gesamt, CO₂ und CO kontrolliert und gesteuert wird, und in der

— vierten Stufe, die Verbrennung des entstehenden Pyrolysegases unter Einsatz der Heißgase zur Beheizung des Reaktors in voneinander getrennten Heizzonen, die den Stufen 1, 2 und 3 angepaßt sind, erfolgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht also darin, den wasserhaltigen Klärschlamm in einer ersten Stufe zu entwässern, wobei die entstehenden Brüden abgezogen und die Feuchte kondensiert wird. Wesentlich ist hierbei, daß agglomerierte Teile durch Zerkleinerungsvorrichtungen zerkleinert werden. Die Bildung von agglomerierten Teilen setzt dann leicht ein, wenn eine Durchmischung des feinen feuchten Materials nur unter Schwerkrafteinwirkung erfolgt. Eine einmal erfolgte Verdichtung führt zu einem ständigen Aufwachsen. Aus diesem Grunde ist es erforderlich in der Trocknungszone neben den Mischwerkzeugen auch noch Vorrichtungen zu haben, die Agglomerationen zerstören.

Von erheblicher Bedeutung hierbei ist, daß die erste Stufe durch Kontrolle der Temperatur des Klärschlamm-Materials und dessen Wassergehalt überwacht und die Energiezufuhr entsprechend gesteuert wird. Weiterhin von Bedeutung ist der Gehalt des Abgases von organischen Stoffen und von Kohlendioxid.

Treten vermehrt organische Stoffe im Abgas auf, dann laufen bereits Zersetzungsreaktionen des Klärschlammes ab. Die Temperatur ist dann zu hoch. Die Energiezufuhr zur Stufe 1 muß zurückgenommen werden.

Nach der Trocknungszone kommt die Aufheizzone auf Pyrolysetemperatur, bei der bereits erste Zersetzungen des organischen Materials ablaufen. Hierfür ist die Zone 2 zuständig. Bei der Aufheizung beginnt oberhalb 200 Grad C langsam die Zersetzung der Cellulose unter Abspaltung von Wasser. Diese primäre Cellulosezersetzung trägt also zur Verschlechterung des Heizwertes des Pyrolysegases bei. Die Temperatur im Klärschlamm wird so hoch eingestellt, daß vorwiegend Wasser und

nur geringe Mengen organische Stoffe im Gas feststellbar sind.

Das Gas aus dieser Zone kann entweder dem Pyrolysegas zugegeben werden, indem es durch die Pyrolysezone gezogen wird, oder es wird gesondert abgezogen und kondensiert. Dabei scheidet sich das Wasser ab, vermischt mit Anteilen an organischen Stoffen, die ebenfalls mit übergegangen sind.

Bei etwa 250 Grad C bis 260 Grad C beginnt dann die eigentliche Pyrolyse des Klärschlammes. Bei dieser Temperatur wird dann das Produkt in die Pyrolysezone überführt und der Entgasung im Temperaturbereich von 350–700 Grad C, vorzugsweise 400–500 Grad C unterworfen. Das dabei entstehende Pyrolysegas, das ohne Verdünnung durch Wasserdampf aus der Trocknung anfällt, wird abgezogen und verbrannt. Die Verbrennung erfolgt in einer gesonderten Brennkammer. Die Heißgase können dann vielfältigen Verwendungszwecken zugeführt werden. Ein Teil gelangt zur Beheizung der einzelnen Stufen des Reaktors, der überschüssige Teil kann zur Dampf- und Stromerzeugung verwendet werden.

Der Pyrolyserückstand, ein Gemenge aus Kohlenstoff und den anorganischen Bestandteilen des Klärschlammes, wird über eine eigene Austragsvorrichtung austragen, gekühlt und kann einer weiteren zweckmäßigen Behandlung – Verwertung oder Deponie – zugeführt werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Temperatur des Klärschlammes beim Übergang von Stufe 1 in Stufe 2 auf 180–200 Grad C eingestellt wird.

Eine derartige Einstellung ist bei einem feststehenden Reaktor möglich, es erfolgt eine direkte Messung im Produkt. Bei diesen Temperaturen ist der Klärschlamm vollständig trocken, die Zersetzung unter Abgabe von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Wasser tritt noch nicht ein.

Mit Vorteil kann das erfindungsgemäße Verfahren auch dadurch ausgeführt werden, daß dem Klärschlamm basische oder unter den Reaktionsbedingungen basisch reagierende Stoffe zur Einbindung von entstehenden sauren Stoffen, wie Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxid, Blausäure, organische Säuren und Phenole zugesetzt wird.

Als basische Stoffe werden bevorzugt Calciumverbindungen, in Form von Kalk, Branntkalk oder Calciumhydroxid verwendet, desgleichen können Natriumhydroxid und Natronlauge eingesetzt werden. Neben diesen gängigen basischen Stoffen sind auch noch Dolomitprodukte und andere Alkaliverbindungen verwendbar, z.B. Soda, Natriumbicarbonat oder Kaliumcarbonat.

Zu den unter den Reaktionsbedingungen basisch reagierenden Stoffen zählen Stoffe, die sich bei den Pyrolysetemperaturen zersetzen und alkalisch wirkende Bestandteile freisetzen. Es handelt sich hierbei z.B. um Natriumformiat, Natriumacetat u. dgl.

Mit der Zugabe der basischen Stoffe wird bewirkt, daß in das Pyrolysegas nur noch Restgehalte an sauer reagierenden Stoffen übergehen. Dies hat zur Folge, daß die nachgeschaltete Abgasreinigung einfach und niedrig dimensioniert ausgelegt werden kann.

Die zuzusetzenden alkalischen Stoffe können hierbei entweder als Lösung, als Pulver oder in Suspension verwendet werden. Die Zugabe ist in allen Stufen der Pyrolyse möglich, d.h. sowohl in der ersten als auch in der letzten Stufe.

Es kann auch so gearbeitet werden, daß die Zugabe

anteilig über den ganzen Reaktor erfolgt.

In einer eigenen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können die basischen Stoffe dem Abfall vor der thermischen Behandlung oder ganz oder anteilig in Stufe 1 oder 2 zugegeben werden. Die Zugabe vor der Pyrolyse im Temperaturbereich der letzten Stufe hat den Vorteil, daß eine gründliche Durchmischung der basischen Stoffe mit dem Einsatzmaterial erfolgt.

Das Verhältnis basische Stoffe zu sauren Stoffen ist im weiten Bereich einstellbar. Gute Einbindungen von sauren Stoffen werden bei stöchiometrischen Verhältnissen von 0,5 bis 2 (Basen zu Säuren) erhalten. Es können jedoch noch deutlich mehr basische Stoffe zugesetzt werden, um einen Pyrolyserückstand zu erhalten, der bei der Verbrennung saure Stoffe der Anlage einbindet, in der der Rückstand verbrannt wird.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß dem Kondensat, das bei der Abkühlung der Pyrolysegase aus den einzelnen Pyrolysestufen anfällt, zur Quecksilberbindung Sulfide, Mercaptane, z.B. Trimercapto-s-triazin oder amalgamierende Metalle, wie Zink, Zinn, Blei u. dgl. zugesetzt werden.

Aufgrund der hohen Flüchtigkeit wird Quecksilber, das im Klärschlamm vorhanden ist, bereits bei niederen Temperaturen d.h. unterhalb 300 Grad C, nahezu vollständig ausgetrieben. Das Quecksilber gelangt dabei in den Gasraum des jeweiligen Schmelzgas und tritt bei der Abkühlung anteilig in die Flüssigphase über. Dort ist es unerwünscht, da es mit dem Kondensat zur Kläranlage gelangt, das Quecksilber dort an den Klärschlamm gebunden wird, der dann wieder zusammen mit Quecksilber zurückkommt. Es kommt also zu einer Einbringung von Quecksilber in einen Kreislauf, der zu einer Anreicherung an Quecksilber führen kann.

Zur Lösung dieses Problems werden dem Kondensat Quecksilber bindende Stoffe, z.B. Sulfide, Mercaptane, z.B. Trimercapto-s-triazin oder amalgamierende Metalle, wie Zink, Zinn, Blei u. dgl. zugesetzt. Die Quecksilberbindemittel gehen mit Quecksilber eine Verbindung ein und es kommt zur Ausflockung. Dieses kann abfiltriert und entsprechend deponiert werden. Das quecksilberfreie Abwasser kann dann einer Kläranlage zugebracht werden.

Zink, Zinn, Blei u. dgl. bilden mit Quecksilber eine Legierung. Sie filtern also Quecksilber aus dem Wasser heraus und binden es in das Metallgefüge ein. Auf diese Weise läßt sich einfach Quecksilber in die Metalle einbinden.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß der entstandene Pyrolyserückstand mit Wasser oder Säuren zur Entfernung wasserlöslicher Salze, z.B. von Chloriden oder Schwermetallen behandelt wird, und die salz- und schwermetallhaltige Lösung in den Heißgasstrom aus der Brennkammer entweder vor der Heizkammer oder nach den Heizkammern eingesprüht und die Salze an einem Filter abgeschieden werden.

Der Pyrolyserückstand wird als Brennstoff eingesetzt. Dies kann unbehandelt oder behandelt erfolgen. Zweckmäßig ist die Abtrennung von Grobteilen, z.B. Sand, Steine, durch Siebung.

Der Pyrolyserückstand enthält neben Schwermetallen auch noch wasserlösliche Salze, meist in Form von Natrium oder Calciumchlorid. Da diese Stoffe auf der Deponie oder bei der Weiterbehandlung Schwierigkeiten machen können, werden sie erfindungsgemäß mit

Wasser oder Säuren ausgewaschen. Das dabei anfallende salzhaltige und schwermetallhaltige Wasser wird zweckmäßigerweise einer Behandlung im Heißgasstrom nach der Brennkammer eingesprüht und das Wasser verdampft. Es fallen dann Salze an, die im nachgeschalteten Filter abgetrennt werden können. Gewaschener Pyrolyserückstand kann immisionsarm verbrannt werden.

Der erfindungsgemäße Pyrolysereaktor zur Umsetzung von Klärschlamm besteht im wesentlichen aus einem von außen beheizten Rohr, dem an einem Ende eine Abfallzugabevorrichtung und am anderen Ende eine Austragsvorrichtung zugeordnet ist, wobei das Rohr eine rotierende Einrichtung zum Transport von Klärschlamm und seinen festen Reaktionsprodukten aufweist, ist dadurch gekennzeichnet, daß die das Rohr umgebende Heizkammer aus mindestens drei unabhängig voneinander betreibbaren Heizbereichen besteht, die eigenen Behandlungsstufen zugeordnet sind, wobei jede Behandlungsstufe über eine Meßeinrichtung zur Bestimmung von Temperatur, Feuchte, Kohlendioxidgehalt und Gehalt an organischen Stoffen verfügt, desgleichen über eine Entnahmevorrichtung zur Analyse des festen Materials, die Behandlungsstufen 1 und 2 Gasabzugsvorrichtungen mit nachgeschalteten Kondensationseinrichtungen aufweisen, die Stufe 3 über eine Gasabzugsvorrichtung verfügt, die zur Gasnachbehandlungsvorrichtung führt, die Stufen 1 und 2 Vorrichtungen zur Zerkleinerung von Klumpen und Zusammenbackungen aufweisen, und die Transporteinrichtung für die Feststoffe in ihrer Geschwindigkeit regelbar ist.

Der Pyrolysereaktor besteht also aus einer Heizkammer und einem Behandlungsrohr. Das Behandlungsrohr ist dabei entsprechend den Behandlungsstufen der Pyrolyse in verschiedene Zonen oder Stufen eingeteilt, die unabhängig voneinander beheizbar und regelbar sind.

Jede Stufe verfügt demnach über Meßeinrichtungen zur Ermittlung der Temperatur, der Feuchte, des Kohlendioxidgehaltes und des Gehaltes an organischen Stoffen, wiedergegeben als C-gesamt. Außerdem ist in jeder Behandlungsstufe noch eine Möglichkeit gegeben, Feststoffe zu entnehmen.

Die in den einzelnen Behandlungsstufen entstehenden Gase werden über separate Leitungen abgezogen und im Falle der Stufe 1 und 2 einer Kondensation unterworfen. Hierbei kondensiert das verdampfte oder bereits bei Zersetzungsreaktionen gebildete Wasser aus. Das von Feuchtigkeit weitestgehend befreite Gas kann nach einer Reinigung, z.B. über ein Biofilter oder über Aktivkohle, entweder in die Atmosphäre entlassen werden oder noch besser der Verbrennungsluft zugemischt werden. Die Gasabzugsvorrichtung der dritten Stufe dient der Entnahme des Pyrolysegases und dessen Weiterleitung zur Entstaubung und schließlich zur Verbrennung.

Der Transport des Materials erfolgt über eine Transportvorrichtung, die sich über den gesamten Reaktor erstreckt.

Erfindungsgemäß kann die Transporteinrichtung als Schnecke, Welle mit Rührstiften oder Flügeln, Pflugscharrmischer oder Paddelmischer ausgebildet sein.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors besteht darin, daß die Transportvorrichtung in der ersten Stufe als Transport- und Zerkleinerungseinrichtung ausgebildet ist. Die Zerkleinerungsvorrichtung kann so ausgestaltet sein, daß die Welle mit Rührstiften versehen ist, die Reaktorwand ebenfalls Stifte aufweist. Zwischen den Rührstiften und Stiften

wird das agglomerierte Material zerrieben.

In der ersten Stufe findet die Trocknung des Klärschlammes statt. Hierbei können sich Klumpen und größere Zusammenbackungen bilden. Diese werden nach dem erfindungsgemäßen Reaktor durch Zerkleinerungseinrichtungen zerschlagen und können dann der üblichen Trocknung unterworfen werden.

Von Vorteil ist es, wenn die Transporteinrichtung, die in ihrer Geschwindigkeit regelbar ist, so ausgebildet ist, daß die Rotationsgeschwindigkeit in den einzelnen Stufen unterschiedlich eingestellt werden kann.

Nachfolgend wird anhand eines Ausführungsbeispieles, auf das sich die Zeichnung bezieht, die Erfindung eingehend erläutert.

Die Zeichnung, Fig. 1, zeigt eine schematische Darstellung des Klärschlamm-Pyrolysereaktors gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Klärschlamm als Pulver oder Pellets mit einem Trockensubstanzgehalt von 30 Gew.-% wird über eine Aufgabevorrichtung 1 in das feststehende Rohr 2 gegeben.

Dies ist von einer Heizkammer 3 umgeben, die in die Heizzonen 3a, 3b und 3c unterteilt ist. Sie sind voneinander durch Trennwände 4 getrennt. Das Rohr 2 weist eine rotierende Transport- und Misch- und/oder Zerkleinerungsvorrichtung 5 auf. Auf der Welle sind Mischwerkzeuge 6 angebracht, die nur 1 mal im vorliegenden Fall als Flügel ausgebildet sind, ansonsten nur symbolisch wiedergegeben werden.

An der Innenwand des Rohres 2 sind feststehende Blätter 7 angebracht. Der Zwischenraum zwischen Flügel 5 und Blätter 7 wird so eingestellt, daß alle Klärschlammagglomerationen, z.B. > 4 mm, zerkleinert werden.

Die Temperatur jeder Heizzone wird über Thermometer (hier nicht dargestellt) gemessen. Die Temperatur des Klärschlammes und des Pyrolyseproduktes wird über Thermometer 8 gemessen, wobei jede Stufe (I, II, III) über mindestens zwei verfügt, und zwar in der Mitte und am Anfang der jeweiligen Stufe.

Weiterhin verfügt jede Stufe über eine Sonde 9 zur Materialentnahme.

Gasseitig befindet sich eine Meßvorrichtung 10 zur Messung von Temperatur, Feuchte, C-gesamt und wahlweise CO und CO₂.

Die in der Stufe I entstehenden Brüden werden über ein Entnahmerohr 11 einem Kühler 12 zugeführt. Das Kondensat gelangt in das Sammelgefäß 13 und kann hier der Quecksilberabscheidung unterworfen werden. Das entfeuchtete Abgas wird entweder der Verbrennungsluft zugemischt, was sich bei der geringen Menge anbietet, oder über ein Biofilter in die Atmosphäre entlassen. Auch Stufe II verfügt über ein Gasabzugsrohr 14, einen Kühler 15 und ein Sammelgefäß 16. Das entfeuchtete Gas kann wie bei Stufe I behandelt werden.

Das in Stufe III anfallende Pyrolysegas wird über ein Gasabzugsrohr 17 abgezogen und der Verbrennung (hier nicht dargestellt) zugeführt. Die Heißgase dienen anteilig der Beheizung des Reaktors.

Der Pyrolyserückstand wird über 18 entnommen und entweder abgekühlt oder in ein Wasserbad gegeben.

Die Temperatur in der Heizkammer 3a wird so eingestellt, daß der Klärschlamm bei Übergang in Stufe II 180 Grad C aufweist und wasserfrei ist.

In der Heizkammer 3b erfolgt die Temperatureinstellung derart, daß der Klärschlamm beim Übergang der Stufe II in die Stufe III 250 Grad C aufweist.

In der Heizkammer 3c werden Temperaturen eingestellt, die den Pyrolyserückstand beim Verlassen des Re-

aktors eine Temperatur von 450–480 Grad C vermitteln.

Wird einem derartigen Reaktor nach dem angegebenen Beispiel Klärschlamm mit einem Wassergehalt von 70 Gew.-% und einer Trockensubstanz von 30 Gew.-% zugegeben, ist die Trocknung bei 180 Grad C zuverlässig abgeschlossen. Ab 200 Grad C setzt die Wasserabspaltung des organischen Materials ein. Bis 250 Grad C beträgt der Gewichtsverlust durch Wasserabspaltung annähernd 15 Gew.-%, bezogen auf das trockene Material.

Bei einer Endtemperatur von 450 Grad C werden, bezogen auf das trockene Material, 60 Gew.-% des Klärschlammes als flüchtige Substanzen abgegeben. 40 Gew.-% verbleiben als kohlenstoffhaltiger Rückstand, dessen Kohlenstoffgehalt 30–35 Gew.-% beträgt.

Durch Aufkochen mit einer sauren Lösung, deren pH-Wert etwa 3 beträgt, lassen sich aus dem Pyrolyserückstand Schwermetalle und lösliche Salze, im wesentlichen Chloride, auswaschen. Nach dem Trocknen kann das auf diese Weise behandelte Material als Brennstoff eingesetzt werden.

Neben Klärschlamm können noch aussortierter und zerkleinerter Hausmüll, z.B. Fluff, BRAM und biologische Materialien, z.B. Stroh, behandelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Pyrolyse von Klärschlamm in einem außenbeheizten feststehenden Reaktor, der mit einer innengelagerten Transporteinrichtung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolyse als steuerbarer, räumlich und zeitlich getrennter Prozeß in mehreren Stufen der Trocknung, Aufheizung auf Zersetzungstemperatur, Pyrolyse in mehreren Temperaturbereichen und Verwertung des Pyrolyserückstandes als Brennstoff durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolyse als steuerbarer, räumlich und zeitlich getrennter, mehrstufiger Prozeß durchgeführt wird, wobei in der

– ersten Stufe die Entwässerung des Klärschlammes und der Abzug der Wasserdämpfe mit nachfolgender Kondensation erfolgt, agglomerierte Teile durch Zerkleinerungsvorrichtungen zerkleinert werden und der Trocknungsprozeß anhand der Temperatur und des Wassergehaltes des Klärschlammes und des Gehaltes des Abgases an organischen Stoffen und/oder Feuchte kontrolliert und gesteuert wird,

– in der zweiten Stufe die Aufheizung des getrockneten Produktes auf 200–250 Grad C erfolgt und der Abzug der entstehenden Gase mit nachfolgender Kondensation durchgeführt wird, wobei der Aufheizprozeß mittels Temperaturverlauf im Material und den Gaskennzeichen CO-, CO₂- und C-gesamt-Gehalt und/oder Feuchte kontrolliert wird, in der

– dritten Stufe die thermische Zersetzung des Klärschlammes mit Bildung von Pyrolysegasen von niederem Feuchtegehalt und einem kohlenstoffhaltigen Rückstand im Temperaturbereich von 251–700 Grad C, vorzugsweise 300–500 Grad C erfolgt, wobei der Zersetzungsprozeß anhand der Temperatur des Feststoffes und der Zusammensetzung des Pyroly-

segases insbesondere anhand des Gehaltes an C-gesamt, CO₂ und CO kontrolliert und gesteuert wird, und in der

– vierten Stufe die Verbrennung des entstehenden Pyrolysegases und der Einsatz der Heißgase zur Beheizung des Reaktors in voneinander getrennten Heizzonen, die zumindest den Stufen 1, 2 und 3 angepaßt sind, durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Klärschlammes beim Übergang von Stufe 1 in Stufe 2 auf 180–200 Grad C eingestellt wird.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß dem Klärschlamm basische oder unter den Reaktionsbedingungen an basisch reagierenden Stoffe zur Einbindung von entstehenden sauren Stoffen, wie Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxid, Blausäure, organische Säuren und Phenolen, zugesetzt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Natronlauge, Calciumcarbonat, Branntkalk, Calciumhydroxid oder Dolomit als Lösung, Pulver oder Suspension zugesetzt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die basischen Stoffe dem Klärschlamm vor der thermischen Behandlung oder ganz oder anteilig in Stufe 1, 2, oder 3 zugegeben werden.

7. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß dem Kondensat zur Quecksilberbindung Sulfide, Mercaptane, z.B. Trimercapto-s-triazin, oder amalgamierende Metalle, wie Zink, Zinn, Blei u. dgl. zugesetzt werden.

8. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der entstehende Pyrolyserückstand mit Wasser oder Säuren zur Entfernung wasserlöslicher Salze, z.B. von Chloriden oder Schwermetallen behandelt wird, und die salz- und schwermetallhaltige Lösung in den Heißgasstrom aus der Brennkammer entweder vor den Heizkammern oder nach den Heizkammern eingesprüht und die Salze an einem Filter abgeschieden werden.

9. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der kohlenstoffhaltige Pyrolyserückstand als Brennstoff verwendet wird.

10. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückstand durch Siebung und/oder Sichtung von Grobteilen befreit und feinvermahlen oder zu Formlingen gepreßt zu Energiegewinnung verbrannt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß dem Rückstand vor oder nach der Aufbereitung basische Stoffe zur Einbindung von sauren Schadstoffen, wie Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid u. dgl. zugesetzt werden.

12. Pyrolysereaktor zur Umsetzung von Klärschlamm, der im wesentlichen aus einem von außen beheizten Rohr, dem an einem Ende eine Abfallzugabevorrichtung und am anderen Ende eine Ausstragsvorrichtung zugeordnet ist, wobei das Rohr eine rotierende Einrichtung zum Transport von Klärschlamm und seinen festen Reaktionsprodukten aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die das

Rohr (2) umgebende Heizkammer (3) aus mindestens 3 unabhängig voneinander betreibbaren Heizbereichen (3a, 3b, 3c) besteht, die Behandlungsstufen zugeordnet sind, wobei jede Behandlungsstufe über eine Meßeinrichtung (10) zur Bestimmung von Temperatur, Feuchte, Kohlendioxid-gehalt und Gehalt an organischen Stoffen des Gases verfügt, desgleichen über eine Einrichtung (8) zur Messung der Temperatur des festen Materials und einer Entnahmevorrichtung (9) zur Analyse des festen Materials, die Behandlungsstufen 1 — Trocknung — und 2 — Aufheizzone — Gasabzugsvorrichtungen mit nachgeschalteten Kondensationseinrichtungen (13, 16) aufweisen, Stufe 3 — Pyrolyse — über eine Gasabzugsvorrichtung (17) verfügt, die zur Gasnachbehandlungsvorrichtung führt, die Stufen 1 und 2 Vorrichtungen (6,7) zur Zerkleinerung von Klumpen und Zusammenbakungen aufweisen und die Transportvorrichtung (5) für die Feststoffe in ihrer Geschwindigkeit regelbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Transporteinrichtung als Schnecke, Paddelmischer, Pflugscharmischer, Welle mit Rührstiften oder Flügeln u. dgl. ausgebildet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine in einzelnen Stufen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit regelbare Transporteinrichtung.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

EKPY-P1

Figur 1

